

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-258471

(43)Date of publication of application : 29.09.1998

(51)Int.CI. B32B 5/00  
 B32B 5/26  
 B32B 7/08

(21)Application number : 09-066249 (71)Applicant : MITSUBISHI HEAVY IND LTD

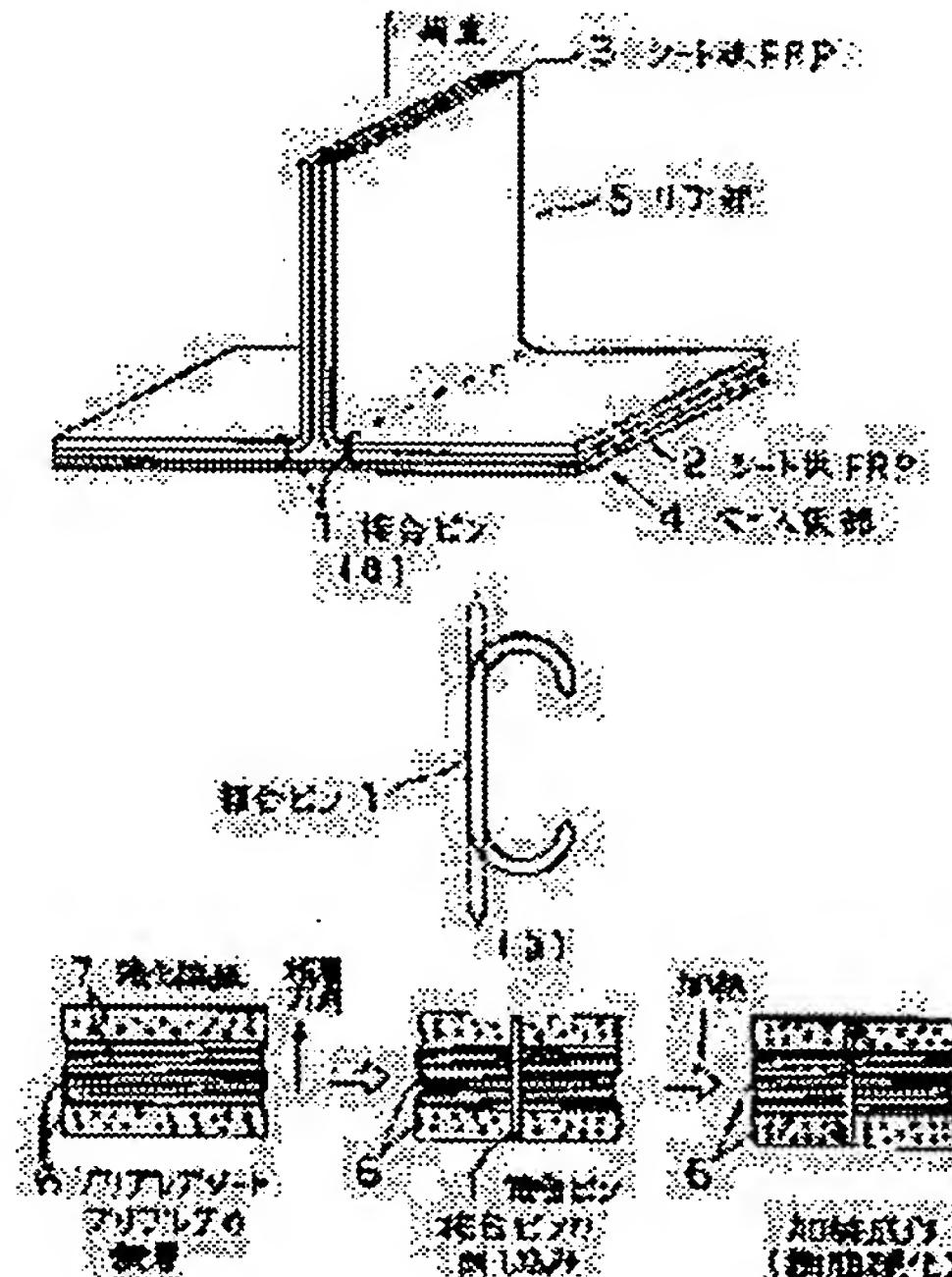
(22)Date of filing : 19.03.1997 (72)Inventor : NAGAI NORIHIRO

## (54) LAMINATED TYPE COMPOSITE MATERIAL STRUCTURAL BODY AND ITS MANUFACTURE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enhance the interlayer strength and manufacture at low cost by forming with a plurality of sheets of FRP laminated and a shape-retainable alloy joint pin being deformed into a predetermined configuration in its both ends in a form crossing thereover by insertion heating.

SOLUTION: A shape-retainable alloy joint pin 1 being inserted in prepreg sheets 6 is deformed in its tip end into a preliminarily retained hook shape. At this time, reinforcing fiber 7 of the laminated prepreg sheets 6 lying in the vicinity of the end part can be entangled. The joint pin 1 having the reinforcing fiber 7 entangled at both ends is fixed in the inner part of FRP while keeping the hooked shape of the joint pin 1 after the temperature deformation of the structural body through the hardness of resin. As such, the reinforcing fibers of sheet-like FRP laminated are joined via the joint pin 1 so as to allow loads to be transmitted, resulting in an improvement of the interlayer strength in parts where separation is likely to be generated in convention.



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 積層された複数枚のシート状纖維強化プラスチック、および同複数枚のシート状纖維強化プラスチックにまたがって刺し込まれ加熱により両端部が所定の形状に変形した形状記憶合金製の接合ピンにより形成されたことを特徴とする積層型複合材構造体。

【請求項2】 複数枚のプリプレグシートを積層して所定の構造体形状を形成し、予め加熱により両端部に所定の変形形状が記憶された形状記憶合金製の直線状の接合ピンを上記複数枚が積層されたプリプレグシートに刺し込んだ後、プリプレグシートと接合ピンを加熱してプリプレグシートを硬化させるとともに接合ピンの両端部を所定の変形形状に変形させ、構造体を製作することを特徴とする積層型複合材構造体の製作方法。

【請求項3】 請求項1及び2に記載の積層型複合材構造体及びその製作方法において、接合ピンが非可逆形状記憶合金製であることを特徴とする積層型複合材構造体及びその製作方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、航空機や宇宙機器等に適用される積層型複合材構造体及びその製作方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来の航空機や宇宙機器等において、その構造部材としては、軽量化や耐久性に対する厳しい要求から、近年、比強度や比剛性に優れた高分子系纖維強化型複合材（以下、FRPとする：Fiber Reinforced Plastic）が多用化されており、その中でも、面内方向について強度や剛性等に関し優れた材料特性を示す積層型複合材が主流を占めるようになっている。

【0003】 これは、一方向に纖維を強化したシート状の薄い素材（プリプレグシート）を、図4に示すように纖維の強化方向を制御しながら半硬化状態の高分子樹脂に何枚も積層した後、加熱硬化させて形成されたものである。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 従来の積層型FRPは、前記のように、纖維で強化された面内方向について優れた材料特性を示すものであった。

【0005】 しかしながら、この積層型FRPは、積層方向が樹脂のみにより接合されているため、この方向は面内方向と比較して特に強度の面で大きく劣るという課題があった。

【0006】 したがって、その適用範囲が層間に大きな荷重が生じない部位（薄肉構造部位や耐衝撃性に対する要求の低い部位）に制限されることとなり、複雑な形状のものを一体成形できることがFRP活用の利点の1つであるが、これを実施する上で制約を受けていた。

【0007】 積層型FRPのこうした弱点を解決すべ

く、層間を纖維で縫い合わせたスティッチングや、纖維を立体的に配向させた織物型のFRPも製作されているが、製作コストが増大すること、適用範囲が限定されること、設計自由度が小さくなること、製作面の技術的な困難さを伴うこと等の課題があった。

【0008】 本発明は、上記の従来の積層型FRPが持つ課題を解決し、層間強度が優れ、低コストで製作することができる積層型複合材構造体及びその製作方法を提供しようとするものである。

## 【0009】

## 【課題を解決するための手段】

（1）請求項1に記載の発明に係る積層型複合材構造体は、積層された複数枚のシート状FRP、および同複数枚のシート状FRPにまたがって刺し込まれ加熱により両端部が所定の形状に変形した形状記憶合金製の接合ピンにより形成されたことを特徴としている。

【0010】 上記において、プリプレグシートを硬化させてシート状FRPとするために加熱すると、同時に接合ピンも加熱され、接合ピンはその両端部が積層されたプリプレグシートの強化纖維を巻き込みながら、予め記憶した所定の変形形状に変形する。

【0011】 上記接合ピンは、樹脂の硬化により温度降下後も上記変形形状が保たれ、接合ピンは積層されたFRPの強化纖維を巻き込んだ状態でFRPの内部に固定されるため、FRPの層間強度の向上に寄与する。

【0012】 （2）請求項2に記載の発明に係る積層型複合材構造体の製作方法は、複数枚のプリプレグシートを積層して所定の構造体形状を形成し、予め加熱により両端部に所定の変形形状が記憶された非可逆形状記憶合金製の直線状の接合ピンを上記複数枚が積層されたプリプレグシートに刺し込んだ後、プリプレグシートと接合ピンを加熱してプリプレグシートを硬化させるとともに接合ピンの両端部を所定の変形形状に変形させ、構造体を製作することを特徴としている。

【0013】 上記のように、積層されたプリプレグシートに接合ピンを刺し込み、プリプレグシートとともに接合ピンを加熱することにより、上記発明（1）に記載の構造体を製作することができるため、本発明の製作方法により層間強度の優れた積層型複合材構造体の製作が可能となる。

【0014】 （3）請求項3に記載の発明は、請求項1及び2に記載の積層型複合材構造体及びその製作方法において、接合ピンが非可逆形状記憶合金製であることを特徴としている。

【0015】 本発明においては、接合ピンを加熱することにより、その両端部を予め記憶させた所定の変形形状とした後は、接合ピンは温度が降下しても元の形状に戻ろうとしないため、FRPの層間を剥離させる働きを全く行わず、上記発明（1），（2）の場合に比べて一層の層間強度の向上が可能となる。

## 【0016】

【発明の実施の形態】本発明の実施の第1形態に係る積層型複合材構造体について、図1(a), (b)により説明する。なお、本実施形態は、垂直負荷を受ける面外直交ラグジョイント部に適用された場合である。

【0017】図1(a), (b)に示す本実施形態に係る構造体は、ベース板部4を形成するシート状FRP2、同シート状FRP2に一部が剥離され他部が上記ベース板部4に直角のリブ部5を形成するシート状FRP3、および上記ベース板部4とリブ部5の結合部のシート状FRP2, 3に刺し込まれ加熱によりフック状に変形した形状記憶合金製の接合ピン1を備えている。

【0018】なお、上記シート状FRP2, 3は、半硬化状態の高分子樹脂に纖維を一方向に配向した素材であるプリプレグシートを加熱することにより硬化させたものである。

【0019】また、上記接合ピン1に用いる形状記憶合金としては、例えばNi-Ti合金やCu-Zn-Al合金等があり、Ni-Ti合金の場合、図1(b)中に矢線で示すように接合ピン1の両端部をフック状として約500℃に保持することによりこの形状を記憶させることができる。

【0020】この接合ピン1は、構造体への配設前の常温時には、図1(b)中に破線で示すように直線状に伸びておくものであり、これをプリプレグシート6に刺し込んだ後、予め記憶させた形状に変形させるための加熱温度は適宜調節できるものである。

【0021】次に、本実施形態に係る積層型複合材構造体の製作方法について、図1(a), (b), (c)により説明する。本製作方法においては、まず、形状記憶合金製の接合ピン1の両端部をフック状に変形させて加熱し、この形状を接合ピン1に記憶させ、常温として直線状に伸びる。

【0022】次に、プリプレグシート6を積層して図1(a)に示す構造体を形成した後、ベース板部4とリブ部5の結合部の積層されたプリプレグシート6に上記直線状の接合ピン1を刺し込む。

【0023】この状態で上記プリプレグシート6と接合ピン1を加熱することにより、プリプレグシート6を硬化させ、また、接合ピン1をフック状に変形させ、図1(a)に示す構造体の製作を完了する。なお、上記構造体の加熱は、高温硬化型エポキシ樹脂の場合、177℃まで加熱する。

【0024】上記において、プリプレグシート6に刺し込まれた接合ピン1は、加熱によりあらかじめ記憶したフック形状に先端部が変形するが、このとき、端部近傍に存在する積層されたプリプレグシート6の強化纖維7を巻き込むことができる。両端部が強化纖維7を巻き込んだ接合ピン1は、樹脂の硬化により構造体の温度硬化後も接合ピン1のフック形状は保たれ、FRPの内部で

固定される。

【0025】そのため、積層されたシート状FRPの強化纖維7どうしが接合ピン1を介して連結され、荷重の伝達が可能となり、従来は剥離を生じやすかった部位の層間強度の向上が可能となった。

【0026】なお、上記接合ピン1の断面形状は、変形時における摩擦の少ない円形が適切であり、両端部はプリプレグシート6に刺し込み易いように針先状とするのがよい。

【0027】また、本実施形態における層間強度の向上度合については、接合ピン1の材質、寸法、および本数に依存するが、例えばNi-Ti合金を用いた場合、引張強度は9.6kgf/mm<sup>2</sup>あるため、この値に接合ピン1の断面積と本数を乗じた分の層間強度の向上が期待できる。

【0028】次に、本発明の実施の第2形態に係る積層型複合材構造体について、図2により説明する。なお、本実施形態は、せん断負荷を受ける面外斜向ラグジョイント部に適用した場合である。

【0029】図2に示す本実施形態は、面外にかかるせん断荷重の方向に合わせて接合ピン1を斜向させて配置するものとし、第1実施形態の場合と同様に、従来の構造体の場合、負荷によりリブ部5とベース板部4の結合部近傍で層間が剥離するために、高強度が期待できなかった部位について、層間強度の向上を可能としたものである。

【0030】なお、上記第1, 第2実施形態においては、両端部が同方向に曲がる接合ピンを用いているが、先端部の曲がる方向は、強化纖維の積層パターンに合わせて、図3に示した種々のタイプから最も効果的なものを選択することができる。

【0031】また、上記第1, 第2実施形態においては、形状記憶合金製の接合ピンを用いているが、これを非可逆形状記憶合金製とすることもでき、この場合には、プリプレグシートを硬化させるための加熱後の温度降下時に、接合ピンは元の状態に戻ろうとする働きを全く行わないと、FRPの層間強度を一層高めることができる。

## 【0032】

【発明の効果】本発明の積層型複合材構造体及びその製作方法においては、複数枚のプリプレグシートを積層して所定の構造体形状を形成し、この積層されたプリプレグシートに両端部に所定の変形形状が記憶された形状記憶合金製の接合ピンを刺し込んだ後、加熱してプリプレグシートを硬化させるとともに接合ピンの両端部を所定の変形形状に変形させて構造体を製作するものとしたことによって、接合ピンの両端部は加熱による変形時に積層されたプリプレグシートの強化纖維を巻き込み、温度降下時には変形形状を維持しながら複合材内に固定されるため、接合ピンがFRPの層間強度の向上に寄与し、

従来の構造体に比べて低コストで層間強度の向上を図ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の第1形態の説明図で、(a)は積層型複合材構造体の斜視図、(b)は接合ピンの側面図、(c)は製作手順の説明図である。

【図2】本発明の実施の第2形態の説明図である。

【図3】本発明の実施の第1、第2形態に係る接合ピンの説明図で、(a)は同方向単フック、(b)は異方向単フック、(c)は2重フック、(d)は多重フックの\*10

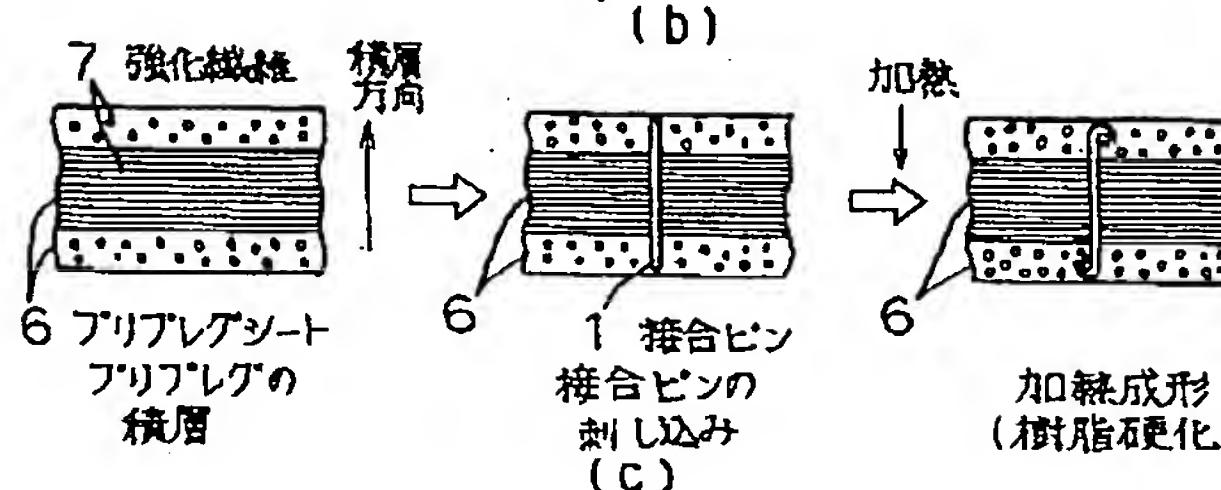
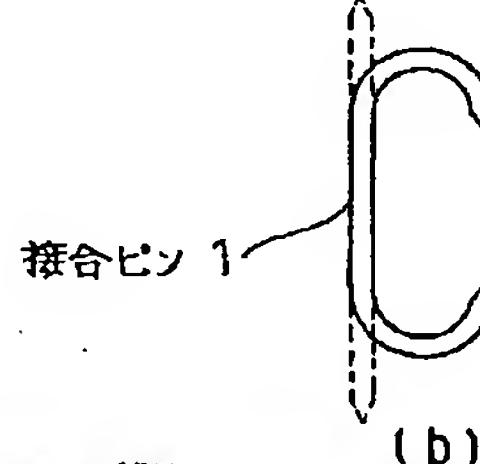
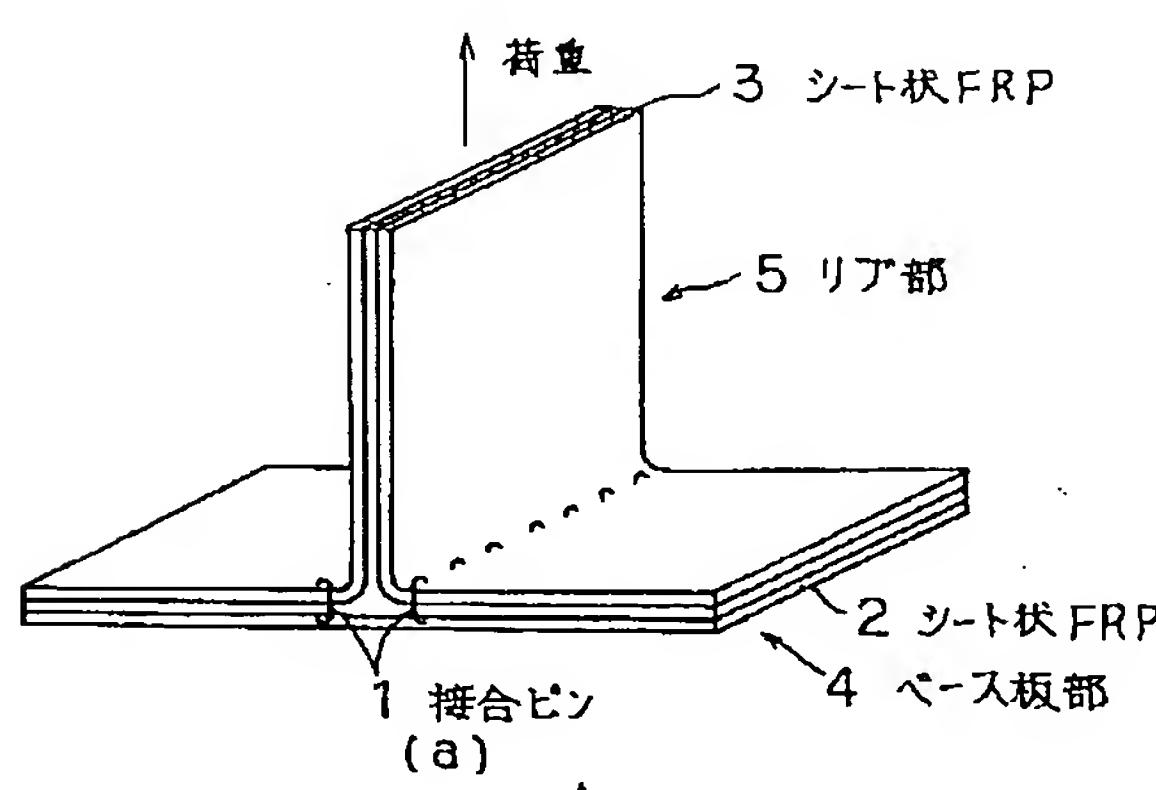
\* 説明図である。

【図4】従来の積層型複合材構造体の説明図である。

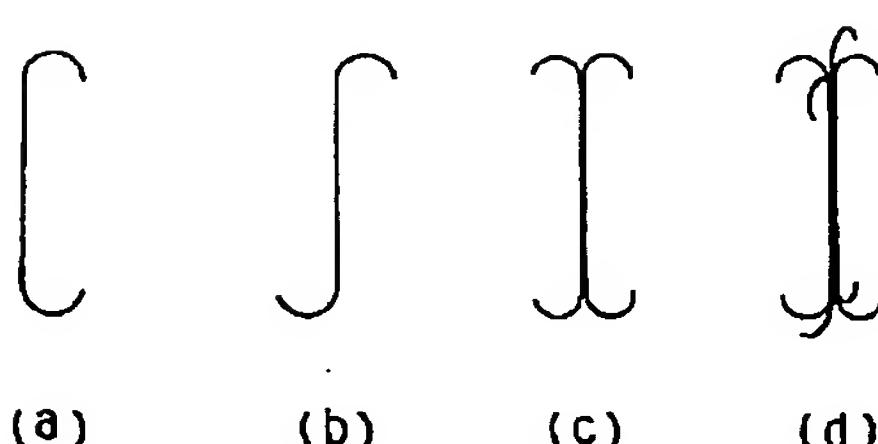
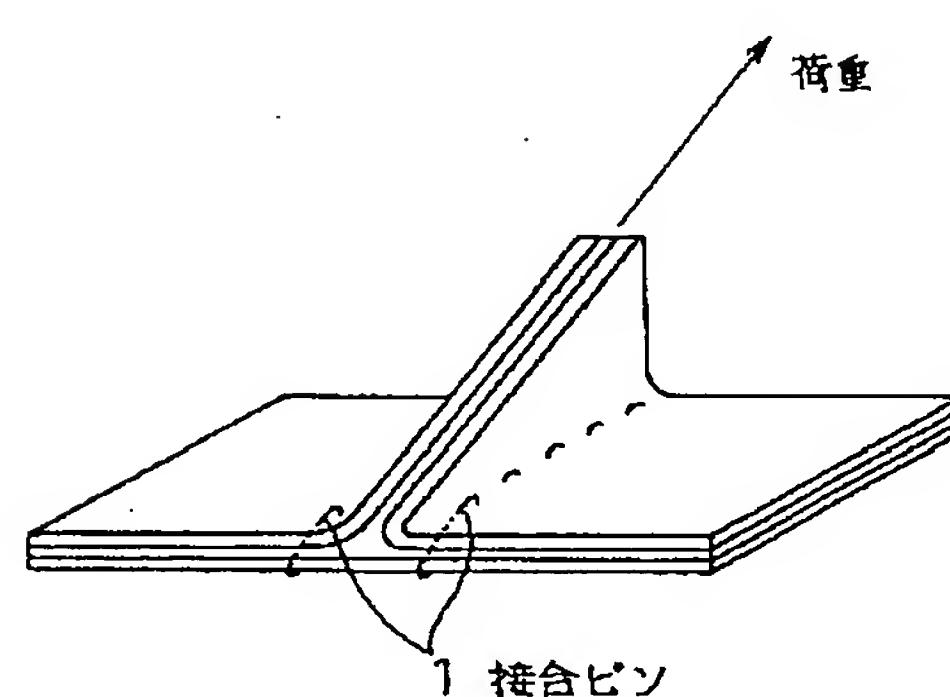
【符号の説明】

1	接合ピン
2, 3	シート状FRP
4	ベース板部
5	リブ部
6	プリプレグシート
7	強化繊維

【図1】



【図2】



【図3】

